

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 2 月 10 日 (10.02.2005)

PCT

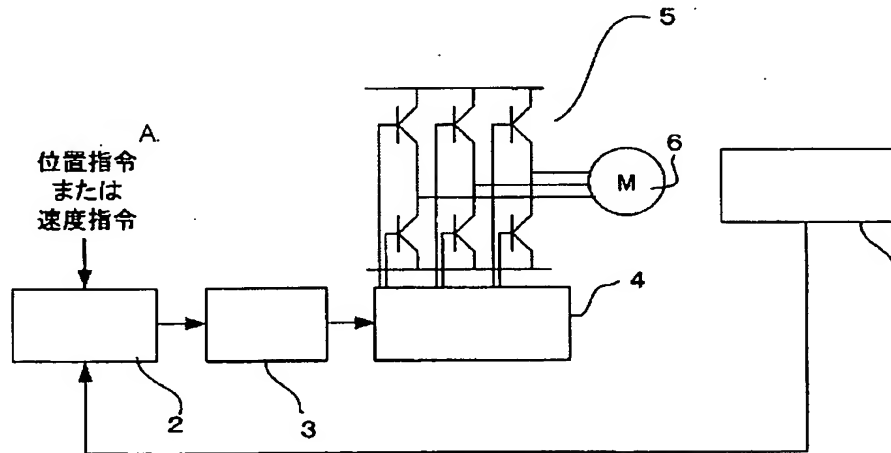
(10) 国際公開番号
WO 2005/013018 A1

- (51) 国際特許分類: G05B 11/36 (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/009102
- (22) 国際出願日: 2004 年 6 月 28 日 (28.06.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-286708 2003 年 8 月 5 日 (05.08.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 安川電機 (KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 Fukuoka (JP).
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐藤 一男 (SATO, Kazuo) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP).

/ 続葉有 /

(54) Title: METHOD FOR EXTRACTING MAXIMUM GAIN OF SERVO CONTROLLER

(54) 発明の名称: サーボ制御装置の最大ゲイン抽出方法



A...POSITION COMMAND OR SPEED COMMAND

(57) Abstract: A method for extracting the maximum gain of a servo controller in which generation of a significant vibration or noise is prevented by detecting a vibration in the early stage even if a machine is vibrated by increasing a control gain. The method for extracting the maximum gain of a servo controller for driving a servo motor repeats a processing for applying a simulation disturbance torque to a torque command by a shaking means while increasing the control gain, detecting vibration of a control system by a vibration detecting means (1), and applying the simulation disturbance torque while increasing the control gain until a vibration of a specified level is detected. A control gain at a moment in time when the vibration in excess of a specified level is detected by the vibration detecting means (1) is set as the maximum gain.

/ 続葉有 /

WO 2005/013018 A1



添付公開書類：
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 制御ゲインを上げて機械を振動させつつも、早めに振動を検出することで大きく振動したり、騒音が発生したりしないサーボ制御装置の最大ゲイン抽出方法を提供することを目的とする。サーボモータを駆動するサーボ制御装置の最大ゲイン抽出法であって、制御ゲインを上げつつ加振手段により模擬外乱トルクをトルク指令に対して加えるとともに、振動検出手段(1)により制御系の振動検出を行い、所定のレベルの振動を検出する迄前記制御ゲインを上げつつ前記模擬外乱トルクを加える処理を繰り返し、前記振動検出手段(1)が前記所定のレベルを超えた振動を検出した時点の制御ゲインを最大ゲインとする。

明 細 書

サーボ制御装置の最大ゲイン抽出方法

技術分野

[0001]

本発明はサーボモータを駆動するサーボ制御装置におけるサーボ制御ゲインを自動設定する方法に関し、特に加振手段により機械等を振動させ、その振動を検出することによりサーボ制御ゲインの最大値を設定する方法に関する。

背景技術

[0002] 従来は特許文献1のように、まずゲインを上げて機械を発振させてその後に機械等の特性を考慮してサーボ制御ゲインの最大値を求めるといった調整をしていた。従来の技術では、制御ゲインを上げた後、発振状態になってから発振を捉えていたため発振検出迄の時間がかかるという問題があった。すなわち、停止中であれば制御ゲインを上げてすぐには発振せず、また運転中でも図6(a)のように加減速の終了時点など、特定の箇所で振動し始める。これは機械に存在する摩擦や負荷等が振動を抑えるように働くためであり、大きなきっかけがないと発振に至らない。そこで図6(b)のように発振しやすいよう、速い速度かつ長い送り時間の指令を繰り返し、発振が始まる迄の時間遅れを見越して指令の繰り返しの応じて制御ゲインを徐々に上げていく必要があり、このため最大ゲインを検出する迄の時間が長くなるというものであった。

特許文献1:特開平2-261083号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0003] 最大ゲインを検出する迄の時間を短縮するために図7のように制御ゲインを急速に上げると、発振を検出した時点では制御ゲインが上がり過ぎており、その後制御ゲインを下げて容易には発振が止まらず機械が大きく振動したり騒音が発生したりする問題があった。また、仮に速度ゲインを同定することができても、速度ゲインが大きいため、次の過程で速度ループの外側に位置ループを組むと制御系が振動する問題も

あった。

課題を解決するための手段

- [0004] そこで本発明は、制御ゲインを上げて機械を振動させつつも、早めに振動を検出することで大きく振動したり、騒音が発生したりしないサーボ制御装置の最大ゲイン抽出方法を提供することを目的とする。

上記問題を解決するため、本発明の最大ゲイン抽出法では、制御ゲインを上げつつ加振手段により模擬外乱トルクをトルク指令に対して加えるとともに、振動検出手段により制御系の振動検出を行い、所定のレベルの振動を検出する迄前記制御ゲインを上げつつ前記模擬外乱トルクを加える処理を繰り返し、前記振動検出手段が前記所定のレベルを超えた振動を検出した時点の制御ゲインを最大ゲインとすることを特徴とする。

発明の効果

- [0005] 本発明によれば、機械に合わせた模擬外乱トルクにより確実に機械を振動させて最大ゲインを得ることができ、しかも振動後すぐにゲインを下げて振動を抑えることができるので、必要以上に大きくゲインを上げずに済み、振動による危険を防止することができる。

図面の簡単な説明

- [0006] [図1]本発明および従来 of 具体的実施例の構成図である。
[図2]本発明 of 具体的実施例 of 制御ブロック図である。
[図3]通常運転した時の速度指令、速度、トルクの波形と振動レベルの測定タイミング図である。
[図4]ゲインを高くして振動を発生させるタイミング図および振動発生時のゲイン低下、最大ゲイン抽出のタイミング図である。
[図5]本発明 of 最大ゲインを抽出する概略フローチャートである。
[図6](a)通常運転で振動する場合のタイミング図である。(b)通常運転でゲインを上げて行くタイミング図である。
[図7]通常運転でゲイン調整する場合において、ゲインを早く上げて、大きく発振した例を示す図である。

[図8]従来の実施例の構成図である。

符号の説明

- [0007] 1 振動検出回路
 2 マイクロコンピュータ
 3 電流アンプ
 4 ベースドライブ回路
 5 パワートランジスタモジュール
 6 モータ
 7 位置ループゲイン
 8 速度制御
 9 モータ
 10 積分
 11 マイクロコンピュータ
 12 電流アンプ
 13 ベースドライブ回路
 14 パワートランジスタモジュール
 15 モータ

発明を実施するための最良の形態

[0008] 以下、本発明の具体的実施例を図に基づいて説明する。

実施例 1

[0009] 図1は本発明の具体的実施例の構成図である。図1において、1は振動検出回路、2はマイクロコンピュータ、3は電流アンプ、4はベースドライブ回路、5はパワートランジスタモジュール、6はモータである。

以上のように構成された回路において、その動作を図2の制御ブロック図および図4のタイミング図を用いて説明する。まずマイクロコンピュータ2は位置や速度といった指令を外部のコントローラ等から受け取る。そして速度指令の場合は速度制御を行い、電流指令や電流制御を出力しベースドライブ回路4を通してパワートランジスタ5を駆動してモータ6を制御する。ここで振動検出回路1は、トルク指令あるいはモータ

の速度信号中に含まれる振動成分が、あらかじめ定めたレベル(検出レベル)を超えた場合に、振動と判定する。この検出レベルは、例えば図3のように制御系が安定な状態での通常運転時の振動振幅、あるいはトルクリップルの様に機械特有の運転時の振動振幅から決定する。この図では通常運転でのトルクの振動振幅の最大値を検出している。例として、この通常時の振動振幅の3倍の振幅を「振動の検出レベル」と定める。

- [0010] ゲインの検出はまず、低ゲインでトルク指令に模擬外乱トルクを加えて、振動の検出レベルに達するか応答を確認する。ここで応答が小さければ模擬外乱トルクを大きくする。応答が振動の検出レベルを超えるまで模擬外乱トルクを大きくするか、もしくは振動の検出レベルを下げる。そして次に図4のように徐々に制御ゲインを高くしつつ図2のトルク指令 τ_{ref} に模擬外乱トルクを加えて、振動を確認する。具体的には速度やトルクの振幅から振動の確認を行う。モータを停止した状態で短時間の模擬外乱トルクを加えているので、静止摩擦やクーロン摩擦のように元来機械に存在する振動減衰要素も発振を止めるように働き、振動を検出した時点で制御ゲインを低くすることで振動しない状態とすることができる。
- [0011] 振動を停止する方法として、制御ゲインを下げるだけでなく、一時的にトルクを小さくしてもよいし、両者を併用してもよい。あるいは、一時的にパワートランジスタのベースを遮断してもよい。そして発振直前の制御ゲインを記憶しておき、これをもとに最終的に振動した制御ゲインを算出し、その制御ゲインを最大ゲインとする。
- [0012] ここで、本発明の基本的な考え方を説明するために制御系が発振する状況を考察する。機械の摩擦等の負荷がない状態で、機械共振等で制御系に振動が発生すると、制御ループゲインの働きで振動が急速に増大して発振状態に移行してしまい振動を止めることが困難となる。摩擦等の負荷は、エネルギーを消費することで振動を抑える働きがある。機械負荷があるものの制御ゲインが高く振動しやすい不安定な状態では、負荷を変動させることで、振動を誘発したり逆に誘発した振動を止めたりすることができる。

本発明では、不安定な状態をつくり出すため、図2の制御ブロック図のようにステップ状の模擬外乱トルクを加えることで、摩擦等の機械負荷に打ち勝って安定状態を壊

し振動を誘発させる。模擬外乱トルクを加える時間を短く設定することで、振動検出回路にて振動を検出した直後に振動を止めることができる。

[0013] 図5を用いて最大ゲインの検出方法について説明する。

(1) 通常運転時の振動レベル検出: 最大ゲインの具体的な検出手順は、以下のようになる。最初にステップ1にて位置ループや速度ループといった制御系のゲインを低くしておき、図3のように通常運転あるいは運転して機械特有の運転時の振動振幅を検出する。この図では通常運転でのトルクの振動振幅の最大値を検出している。

(2) 模擬外乱トルクの調整: 次に図5のステップ2のように位置ループや速度ループといった制御系のゲインを低いゲインとしておき、図2の制御ブロック図のトルク指令 τ_{ref} に模擬外乱トルクをステップで加えて、図5のステップ3のように位置偏差あるいは速度等の応答が所定のレベル以上あることを確認する。ここで、所定のレベル以上の応答がなければ、加えた模擬外乱トルクが機械負荷を超えられなかったと考え、応答が大きくなるように予め定めたレベルまで、模擬外乱トルクを大きくする。この応答のレベルは、例えば図5のステップ1で検出した通常運転での振動振幅の最大値の2倍等とする。

そして予め定めたレベルまで模擬外乱トルクを高くしても応答が大きにならない場合、応答の振動検出レベルを下げる。このようにして模擬外乱トルクおよびその応答の検出レベルを調整する。

(3) 振動検出: 模擬外乱トルクの大きさを決めた後で、図3に示すような時間タイミングで段階的に制御ゲインを上げる。図5のステップ4〜6の処理のように制御ゲインを上げたところで、トルク指令に模擬外乱トルクを加え振動検出回路1にて、振動を確認する。振動検出回路1は例えばトルクまたは速度等の振幅を振動検出レベルと比較し、大きい場合振動として検出する。振動検出レベルは前に調整した応答レベルの例えば1.5倍等とする。

(4) 振動の停止: 模擬外乱トルクを加えた後に図5のステップ6のように振動検出レベルを超えた振動を検出したら、図4のようなタイミングで模擬外乱トルクを加えるのを停止し、図5のステップ7のように制御ゲインを振動しないレベル迄下げる(例えば、振動を検出した際の制御ゲインの半分、あるいは最初に設定した低い制御ゲイン等)

。あるいは、確実に振動を止めるためトルク指令を絞るか、位置偏差を一瞬ゼロにする。

(5) 最大ゲインの検出: そして振動した時点の制御ゲインの直前の制御ゲインをマイクロコンピュータ2の記憶手段内に最大ゲインとして記憶する。

- [0014] ここで模擬外乱トルクと振動が発生する制御ゲインの関係について述べる。模擬外乱トルクを大きくしていくと機械への衝撃も大きくなり、振動が発生しないような制御ゲインは小さくなる。機械の加減速やフィルタを入れて滑らかにすることで衝撃が減り制御ゲインが上げられるのは、このためである。図2のブロック図のように外乱トルクをステップで加えると、速度は τ / JmS 分応答する。これにより負荷に打ち勝って平衡状態を壊すことができる。また加えるトルクは、イナーシャに応じて大きくする必要がある。位置を移動させてもトルクは滑らかになってしまうので、振動が発生しにくい。トルクでは負荷に直接伝達するので振動が発生しやすい。振動検出は振動検出回路1の代わりにマイクロコンピュータ2で行っても良い。また制御ゲインに伴い積分ゲインやトルクフィルタ等を連動させても良い。

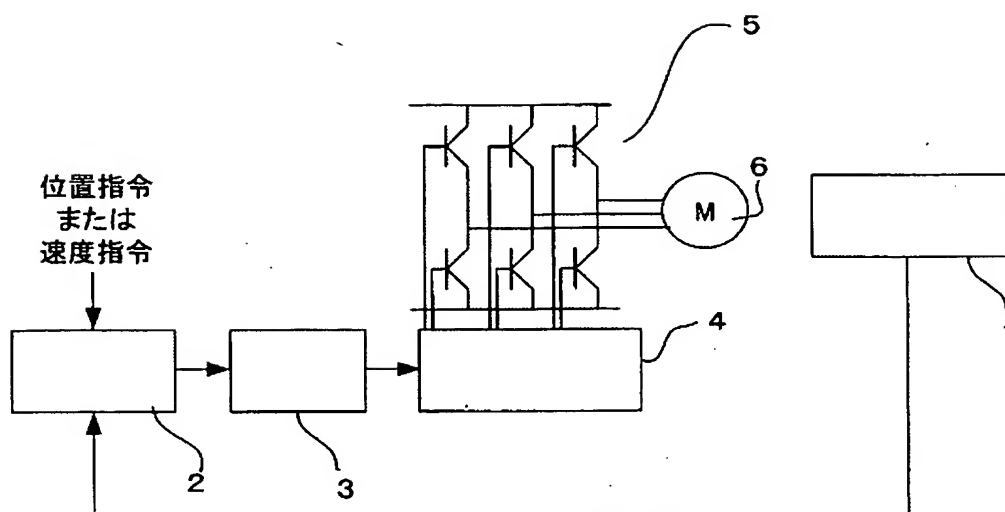
産業上の利用可能性

- [0015] 低いゲインで機械を振動させて確実に最大ゲインを得ることができ、しかも振動発生直後に制御ゲインを小さくするため発振を抑えることができる。

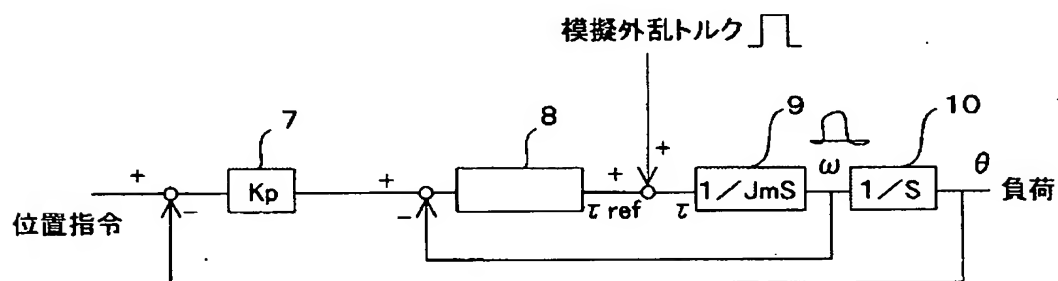
請求の範囲

- [1] サーボモータを駆動するサーボ制御装置の最大ゲイン抽出法であって、制御ゲインを上げつつ加振手段により模擬外乱トルクをトルク指令に対して加えるとともに、振動検出手段により制御系の振動検出を行い、所定のレベルの振動を検出する迄前記制御ゲインを上げつつ前記模擬外乱トルクを加える処理を繰り返し、前記振動検出手段が前記所定のレベルを超えた振動を検出した時点の制御ゲインを最大ゲインとすることを特徴とするサーボ制御装置の最大ゲイン抽出法。

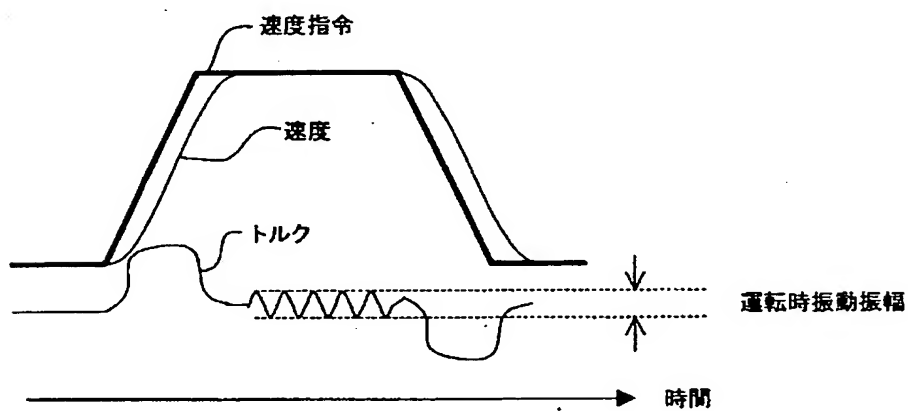
[図1]



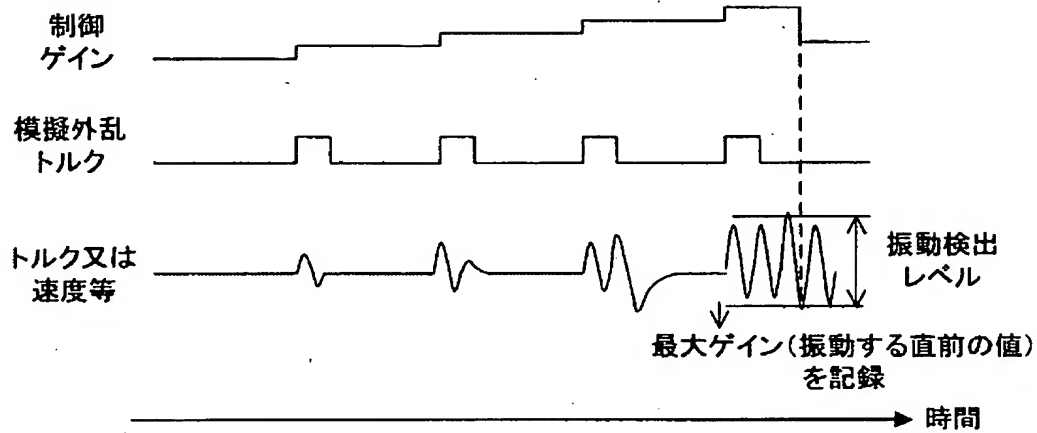
[図2]



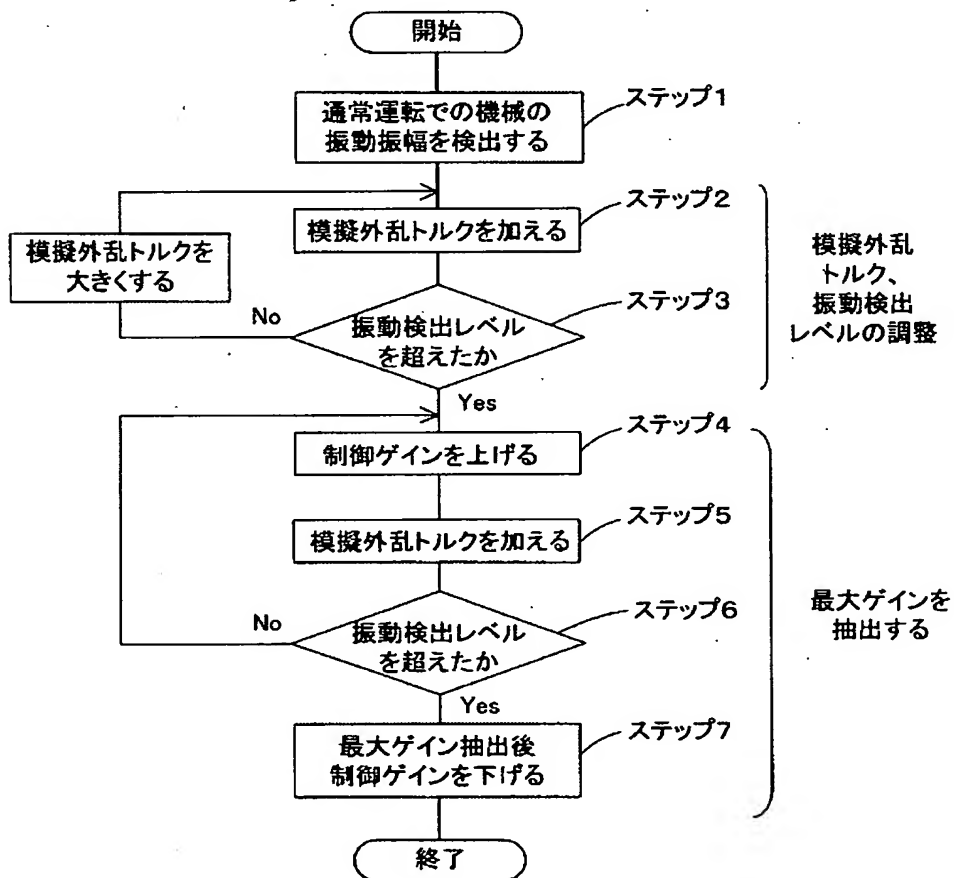
[図3]



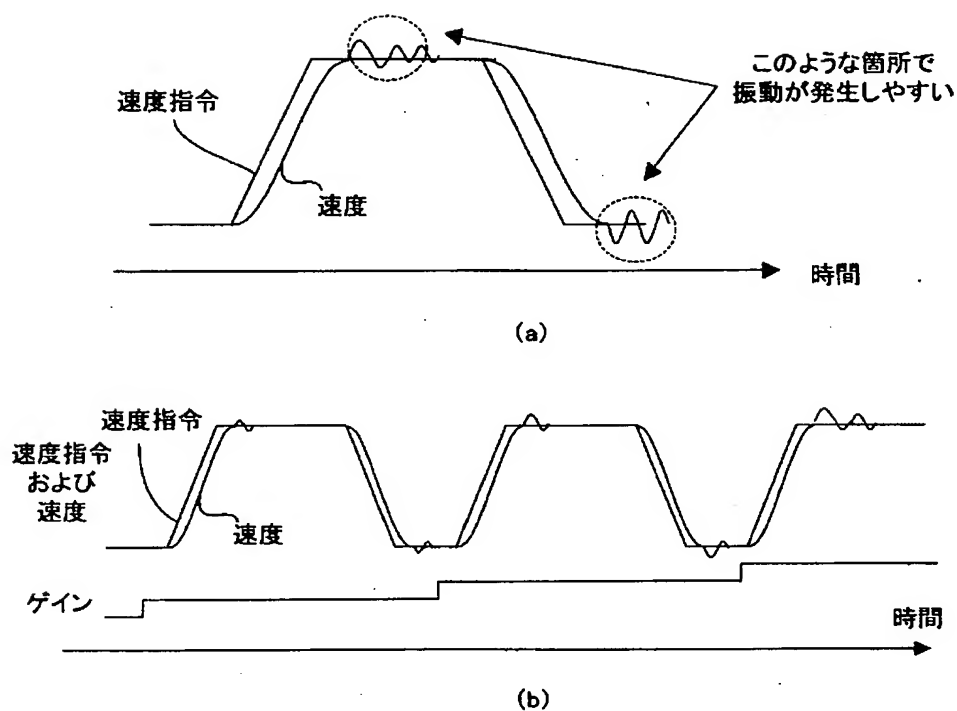
[図4]



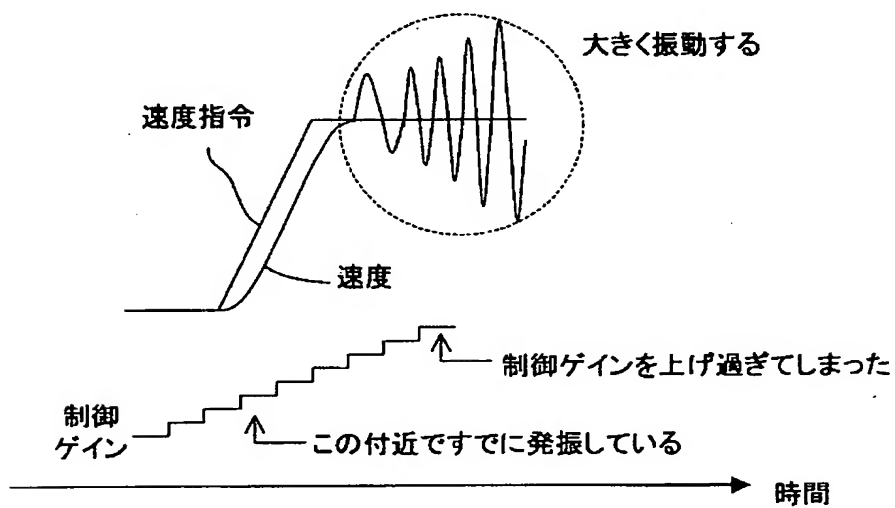
[図5]



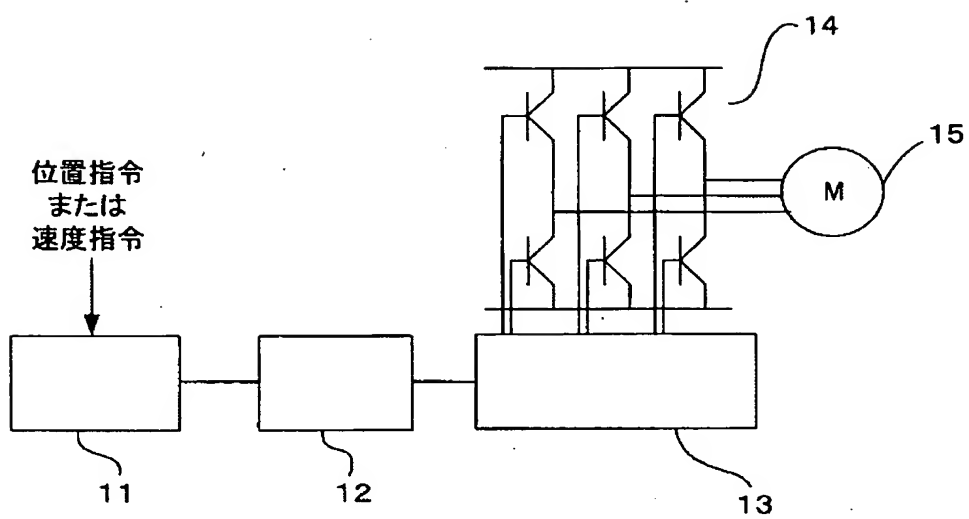
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009102

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G05B11/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G05B11/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 62-187903 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd., Yokogawa Electric Corp.), 17 August, 1987 (17.08.87), Page 3, upper left column, line 20 to upper right column, line 15 (Family: none)	1
A	JP 2-261083 A (Fanuc Ltd.), 23 October, 1990 (23.10.90), Column 15, line 19 to column, 16, line 6 & WO 1990/07735 A1	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30 July, 2004 (30.07.04)

Date of mailing of the international search report
17 August, 2004 (17.08.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.